



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 37 10 154 A1**

⑤① Int. Cl. 4:  
**G01 N 27/50**  
G 01 N 37/00  
F 02 D 41/22  
// G06F 15/46

②① Aktenzeichen: P 37 10 154.4  
②② Anmeldetag: 27. 3. 87  
④③ Offenlegungstag: 22. 10. 87

**Behördeneigentum**

DE 37 10 154 A1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
27.03.86 JP P 61-69094

⑦① Anmelder:  
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:  
Weickmann, H., Dipl.-Ing.; Fincke, K., Dipl.-Phys.  
Dr.; Weickmann, F., Dipl.-Ing.; Huber, B.,  
Dipl.-Chem.; Liska, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Prechtel,  
J., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

⑦② Erfinder:  
Mieno, Toshiyuki; Nakajima, Toyohi; Okada,  
Yasushi; Oono, Nobuyuki, Wako, Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Abnormalitätsdetektion für einen Sauerstoffkonzentrationssensor

Ein Verfahren zur Abnormalitätsdetektion für einen Sauerstoffkonzentrationssensor, der zum Ermitteln der Sauerstoffkonzentration in einem Brennkraftmaschinenabgas verwendet wird, um Daten zu erhalten, mittels denen das Luft/Brennstoff-Verhältnis eines der Brennkraftmaschine zugeführten Brenngemisches geregelt wird, wobei der Sauerstoffkonzentrationssensor ein Sensorzellenelement und ein Sauerstoffpumpelement umfaßt. Das Verfahren dient dazu, eine Abnormalität, wie eine offene Schaltung oder einen Kurzschluß in den Elektrodenanschlüssen des Sensorzellenelementes auf der Basis eines Wertes der Spannung, die sich zwischen den Elektroden des Sensorzellenelementes einstellt, und einem Wert des Stromes zu detektieren, der zwischen den Elektroden des Sauerstoffpumpelements fließt.

DE 37 10 154 A1

1. Verfahren zur Abnormalitätsdetektion für einen Sauerstoffkonzentrationssensor, der zwei Paare von Elektroden enthält, die wechselweise einander gegenüberliegend in Paaren unter Zwischenlage eines Sauerstoff-leitenden Feststoffelektrolytelements angeordnet sind, der eine Gasdiffusionsregeleinrichtung enthält, der ein zu messendes Gas der Umgebung einer Elektrode jedes der beiden Elektrodenpaare zuleitet, und eine Regeleinrichtung enthält, die eine Pumpspannung anlegt, die nach Maßgabe einer Spannungsdifferenz zwischen einer Sensorspannung, die sich zwischen einem ersten Paar der beiden Elektrodenpaare einstellt und einer Bezugsspannung sowie zwischen einem zweiten Paar der beiden Elektrodenpaare bestimmt wird, wobei die Regeleinrichtung hierbei einen Ausgang liefert, der einen Sauerstoffkonzentrationssensorwert, einen Wert des Pumpstromes, darstellt, der zwischen dem zweiten Elektrodenpaar fließt, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Abnormalität eines elektrischen Anschlußsystemes des ersten Elektrodenpaares, basierend auf einer Spannung, die sich zwischen dem ersten Elektrodenpaar einstellt und einem Strom detektiert wird, der zwischen dem zweiten Elektrodenpaar fließt.

2. Abnormalitätsdetektionsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn ein Zustand auftritt, bei dem eine Spannung, die sich zwischen dem ersten Elektrodenpaar einstellt, unterhalb eines ersten vorbestimmten Wertes ist, während ein Strom, der zwischen dem zweiten Elektrodenpaar fließt, höher als ein zweiter vorbestimmter Wert ist, dieser Zustand als eine Anzeige für eine Abnormalität in dem System der elektrischen Verbindungen des ersten Elektrodenpaares interpretiert wird.

3. Abnormalitätsdetektionsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn ein Zustand auftritt, bei dem eine Spannung, die sich zwischen dem ersten Elektrodenpaar einstellt, höher als ein dritter vorbestimmter Wert ist, während ein Strom, der zwischen dem zweiten Elektrodenpaar fließt, kleiner als ein vierter vorbestimmter Wert ist, dieser Zustand zur Anzeige einer Abnormalität in dem System der elektrischen Verbindung des ersten Elektrodenpaares führt.

4. Verfahren zur Abnormalitätsdetektion für einen Sauerstoffkonzentrationssensor einer Luft/Brennstoff-Verhältnisregeleinrichtung für eine Brennkraftmaschine, wobei der Sensor zwei Paare von Elektroden aufweist, die wechselseitig einander gegenüberliegend in Paaren unter Zwischenlage eines Sauerstoffionen-leitenden Feststoffelektrolytelements angeordnet sind, der ferner eine Gasdiffusionsregeleinrichtung aufweist, die in Verbindung mit einem Abgas der Brennkraftmaschine steht, um das Gas zu der Nähe einer Elektrode jedes der beiden Elektrodenpaare zu lenken, um eine Regeleinrichtung zum Anlegen einer Pumpspannung aufweist, die nach Maßgabe einer Spannungsdifferenz zwischen einer Sensorspannung, die sich zwischen einem ersten Paar der beiden Elektrodenpaare einstellt und einer Bezugsspannung sowie zwischen dem anderen Paar der beiden Elektrodenpaare bestimmt wird, um die Sensorspannung konstant auf der Bezugsspannung zu halten, wobei die Regelein-

richtung einen Ausgang liefert, der einen Sauerstoffkonzentrationssensorwert, einen Wert des Pumpstromes, der zwischen dem ersten Elektrodenpaar fließt, darstellt, und wobei die Regeleinrichtung ferner eine Einrichtung aufweist, mittels der man einen Luft/Brennstoff-Verhältniskompensationswert, basierend auf dem Sauerstoffkonzentrationssensorwert zur Verwendung bei der Regelung eines Luft/Brennstoff-Verhältnisses eines der Brennkraftmaschine zugeführten Gemisches zu erhalten, um das Verhältnis auf einem Sollwert für das Luft/Brennstoff-Verhältnis zu halten, sowie eine Antriebseinrichtung aufweist, die die Luft/Brennstoff-Verhältniseinstelleinrichtung der Brennkraftmaschine nach Maßgabe eines korrigierten Luft/Brennstoff-Verhältnisregelwertes antreibt, den man durch Korrektur des Luft/Brennstoff-Verhältnisregelwertes um den Luft/Brennstoff-Verhältniskompensationswert erhält, dadurch gekennzeichnet, daß eine Abnormalität eines elektrischen Anschlußsystems des ersten Elektrodenpaares, basierend auf einer Sensorspannung, die sich zwischen dem ersten Elektrodenpaar einstellt und auf dem Luft/Brennstoff-Verhältniskompensationswert detektiert wird.

5. Abnormalitätsdetektionsverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn ein Zustand sich einstellt, bei dem eine Spannung, die zwischen dem ersten Elektrodenpaar sich einstellt, unter einem ersten vorbestimmten Wert liegt, während der Strom, der zwischen dem zweiten Elektrodenpaar fließt, höher als ein zweiter vorbestimmter Wert ist, dieser Zustand zu einer Anzeige einer Abnormalität in dem System der elektrischen Anschlüsse des ersten Elektrodenpaares führt.

6. Abnormalitätsdetektionsverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn ein Zustand sich einstellt, bei dem eine Sensorspannung, die sich zwischen dem ersten Elektrodenpaar einstellt, höher als ein dritter vorbestimmter Wert ist und ein Strom, der zwischen dem zweiten Elektrodenpaar fließt, niedriger als ein vierter vorbestimmter Wert ist, dieser Zustand zu einer Anzeige einer Abnormalität in dem System der elektrischen Anschlüsse des ersten Elektrodenpaares führt.

7. Abnormalitätsdetektionsverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn ein Zustand auftritt, bei dem eine Spannung, die sich zwischen dem ersten Elektrodenpaar einstellt, niedriger als ein erster vorbestimmter Wert ist und der Kompensationswert höher als ein fünfter vorbestimmter Wert ist, dieser Zustand zu einer Anzeige einer Abnormalität des Systems der elektrischen Anschlüsse des ersten Elektrodenpaares führt.

8. Abnormalitätsdetektionsverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn ein Zustand auftritt, bei dem eine Spannung, die sich zwischen dem ersten Elektrodenpaar einstellt, höher als ein dritter vorbestimmter Wert ist und der Kompensationswert niedriger als ein sechster vorbestimmter Wert ist, dieser Zustand zu einer Anzeige einer Abnormalität des Systems der elektrischen Anschlüsse des ersten Elektrodenpaares führt.

#### Beschreibung

Die Erfindung befaßt sich mit einem Verfahren zur Abnormalitätsdetektion für einen Sauerstoffkonzentra-

tionssensor, der den Pegel der Sauerstoffkonzentration in einem Gas, wie einem Brennkraftmaschinenabgas, erfaßt.

Um Abgasverunreinigungen zu reduzieren und den Kraftstoffverbrauch einer Brennkraftmaschine zu verbessern, ist es heutzutage üblich, einen Sauerstoffkonzentrationssensor vorzusehen, um die Konzentration des Sauerstoffs im Brennkraftmaschinenabgas zu detektieren und eine Prozeßsteuerung vorzunehmen, bei der mittels Rückführung das Luft/Brennstoffverhältnis der Brennkraftmaschine zugeführten Gemisches derart geregelt wird, daß das Luft/Brennstoffverhältnis auf einem Sollwert bleibt. Diese Prozeßsteuerung wird in Abhängigkeit von einem Abgabesignal von dem Sauerstoffkonzentrationssensor durchgeführt.

Eine Form des Sauerstoffkonzentrationssensors, der für solche Luft/Brennstoffverhältnisregelungen verwendet werden kann, liefert ein Abgabesignal, dessen Pegel sich in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration mit dem Brennkraftmaschinenabgas ändert. Ein solcher Sauerstoffkonzentrationssensor ist beispielsweise in der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 52-72 286 beschrieben. Dieser Sensor weist ein Sauerstoffionen-leitendes Feststoffelektrolytteil auf, das als eine flache Platte ausgebildet ist, auf deren beiden Hauptflächen Elektroden ausgebildet sind, wobei eine dieser Elektrodenflächen ein Teil einer Gasaufnahme-kammer bildet. Die Gasaufnahme-kammer steht in Verbindung mit einem zu messenden Gas, d. h. dem Abgas, über eine Einführungsöffnung. Bei einem solchen Sauerstoffkonzentrationssensor arbeiten das Sauerstoffionen-leitende Feststoffelektrolytteil und die Elektroden als ein Sauerstoffpumpelement. Wenn ein Strom zwischen den Elektroden derart fließt, daß die Elektrode in der Gasaufnahme-kammer eine Kathode (negative Elektrode) wird, wird das Sauerstoffgas in der Gasaufnahme-kammer in der Nähe dieser Kathode ionisiert und strömt durch das Feststoffelektrolytteil in Richtung zu der Anode (positive Elektrode), um von dieser Fläche des Sensorelements als gasförmiger Sauerstoff abgegeben zu werden. Der Stromfluß zwischen den Elektroden ist ein Grenzstromwert, der im wesentlichen konstant ist, d. h. im wesentlichen unbeeinflußt durch Änderungen bei der anliegenden Spannung ist und der proportional zur Sauerstoffkonzentration in dem zu messenden Gas ist. Wenn man daher den Pegel dieses Grenzstromes erfaßt, kann man die Sauerstoffkonzentration in dem zu messenden Gas messen. Wenn jedoch ein solcher Sauerstoffkonzentrationssensor verwendet wird, um das einer Brennkraftmaschine zugeführte Luft/Brennstoffverhältnis des Gemisches zu regeln, indem die Sauerstoffkonzentration in dem Brennkraftmaschinenabgas gemessen wird, so ist es nur möglich, das Luft/Brennstoffverhältnis auf einen solchen Wert zu regeln, der im mageren Bereich in Relation zum stöchiometrischen Luft/Brennstoffverhältnis ist. Es ist nicht möglich, eine Luft/Brennstoffverhältnisregelung vorzunehmen, bei der ein Luft/Brennstoffverhältnis-Sollwert aufrechterhalten wird, der im fetten Bereich liegt. Ein Sauerstoffkonzentrationssensor, der einen Abgabesignalpegel liefert, der sich im Verhältnis zur Sauerstoffkonzentration im Brennkraftmaschinenabgas ändert und sowohl für den mageren als auch für den fetten Bereich des Luft/Brennstoffverhältnisses geeignet ist, ist in der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. 59-192 955 vorgeschlagen. Dieser Sensor weist zwei Sauerstoffionen-leitende Feststoffelektrolytelemente auf, die jeweils in Form einer ebenen Platte ausgebildet

sind und die jeweils mit Elektroden versehen sind. Zwei gegenüberliegende Elektrodenflächen, d. h. eine Fläche jedes Feststoffelektrolytelements, bildet ein Teil einer Gasaufnahme-kammer, die über eine Einführungsöffnung in Verbindung mit einem zu messenden Gas steht. Die andere Elektrode des einen Feststoffelektrolytelements weist zur Atmosphäre. Bei diesen Sauerstoffkonzentrationssensor wirken eines der Feststoffelektrolytelemente und seine Elektroden als ein Sauerstoffkonzentrationsverhältnis-Sensorzellenelement. Das andere Feststoffelektrolytelement und seine Elektroden wirken als ein Sauerstoffpumpelement. Wenn die Spannung, die zwischen den Elektroden des Sauerstoffkonzentrationsverhältnis-Sensorzellenelements erzeugt wird, niedriger als ein Bezugsspannungswert ist, dann fließt der Strom zwischen den Elektroden des Sauerstoffpumpelements derart, daß die Sauerstoffionen durch das Sauerstoffpumpelement zu der Elektrode jenes Elements wandern, das sich in der Gasaufnahme-kammer befindet. Wenn die zwischen den Elektroden des Sensorzellenelements auftretende Spannung niedriger als der Bezugsspannungswert ist, dann fließt ein Strom zwischen den Elektroden des Sauerstoffpumpelements derart, daß die Sauerstoffionen durch jenes Element zu der Sauerstoffpumpelementelektrode wandern, das auf der gegenüberliegenden Seite der Gasaufnahme-kammer liegt. Hierbei erhält man einen Stromflußwert zwischen den Elektroden der Sauerstoffpumpelemente, der sich im Verhältnis zur Sauerstoffkonzentration des zu messenden Gases ändert, und zwar sowohl im fetten als auch im mageren Bereich des Luft/Brennstoffverhältnisses.

Wenn jedoch bei einem solchen Sauerstoffkonzentrationssensor eine Abnormalität auftreten sollte, dann ist es nicht nur unmöglich, eine gewünschte Sauerstoffkonzentrationssensorcharakteristik zu erzielen, sondern es ist auch nicht mehr möglich, das Luft/Brennstoffverhältnis genau zu regeln, so daß die Effektivität der Abgasverunreinigungs-beseitigung vermindert wird. Daher ist es erwünscht, ein Verfahren zu haben, das zuverlässig jegliche Abnormalität der Komponenten eines solchen Sauerstoffkonzentrationssensors detektiert.

Die Erfindung zielt darauf ab, ein Verfahren zum Detektieren der Abnormalität eines Sauerstoffkonzentrationssensors anzugeben und insbesondere ein Verfahren bereitzustellen, das zuverlässig irgendeine Abnormalität eines Systems der elektrischen Verbindungen eines Sensorzellenelements eines Sauerstoffkonzentrationssensors zuverlässig detektieren kann.

Nach der Erfindung wird hierzu ein Verfahren zur Abnormalitätsdetektion für einen Sauerstoffkonzentrationssensor angegeben, der zwei Elektrodenpaare enthält, die wechselseitig einander gegenüberliegend in Paaren unter Zwischenlage eines Sauerstoffionen-leitenden Feststoffelektrolytelements angeordnet sind, der eine Gasdiffusionsregeleinrichtung aufweist, die mit einem zu messenden Gas in Verbindung steht, um das Gas zu der Umgebung einer Elektrode jedes der beiden Elektrodenpaare zu lenken und eine Regeleinrichtung umfaßt, um eine Pumpspannung anzulegen, die nach Maßgabe der Spannungsdifferenz zwischen einer Sensorspannung, die sich zwischen einem ersten Paar der beiden Elektrodenpaare einstellt und einer Bezugsspannung sowie zwischen dem anderen Paar der beiden Elektrodenpaare bestimmt ist, um die Sensorspannung auf der Bezugsspannung konstant zu halten, wobei die Regeleinrichtung hierbei einen Ausgang liefert, der einen Sauerstoffkonzentrationssensorwert, einen Wert des Pumpstromes, der zwischen dem ersten Elektroden-

paar fließt, darstellt, wobei sich dieses Verfahren dadurch auszeichnet, daß eine Abnormalität eines elektrischen Verbindungssystems des ersten Elektrodenpaares, basierend auf einer Spannung ermittelt wird, die sich zwischen dem ersten Elektrodenpaar einstellt und einem Strom, der zwischen dem zweiten Elektrodenpaar fließt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausbildungsform nach der Erfindung gibt die Erfindung ein Verfahren zur Abnormalitätsdetektion für einen Sauerstoffkonzentrationssensor einer Luft/Brennstoff-Verhältnisregelung für eine Brennkraftmaschine an, bei dem der Sensor zwei Paare von Elektroden aufweist, die wechselseitig einander gegenüberliegend jeweils in Paaren unter Zwischenlage eines Sauerstoffionenleitenden Feststoffelektrolytelements angeordnet sind, der eine Gasdiffusionsregelung aufweist, die mit einem Abgas der Brennkraftmaschine in Verbindung steht, um das Gas zu der Nähe einer Elektrode jedes der beiden Elektrodenpaare zu lenken, und der eine Regelung für das Anlegen einer Pumpspannung aufweist, die nach Maßgabe einer Spannungsdifferenz zwischen einer Sensorspannung, die sich zwischen einem ersten Paar der zwei Elektrodenpaare einstellt und einer Bezugsspannung sowie zwischen dem anderen Paar der beiden Elektrodenpaare bestimmt ist, um die Sensorspannung konstant auf der Bezugsspannung zu halten, wobei die Regelung eine Ausgang liefert, der einen Sauerstoffkonzentrationswert, einen Wert des Pumpstromes, der zwischen dem ersten Elektrodenpaar fließt, darstellt, wobei die Regelung ferner eine Einrichtung aufweist, mittels der man einen Luft/Brennstoff-Verhältniskompensationswert, basierend auf dem Sauerstoffkonzentrationsensorwert, erhält, um ein Luft/Brennstoff-Verhältnis eines der Brennkraftmaschine zugeführten Gemisches so zu regeln, daß das Verhältnis konstant auf einem Sollwert für das Luft/Brennstoff-Verhältnis bleibt, und wobei eine Treibereinrichtung vorgesehen ist, die die Luft/Brennstoff-Verhältniseinstelleinrichtung der Brennkraftmaschine nach Maßgabe eines korrigierten Luft/Brennstoff-Verhältniskompensationswertes antreibt, den man durch Korrektur des Luft/Brennstoff-Verhältniskompensationswertes erhält, wobei sich dieses Verfahren dadurch auszeichnet, daß eine Abnormalität eines elektrischen Anschlußsystems des ersten Elektrodenpaares, basierend auf einer Sensorspannung, die sich zwischen dem ersten Elektrodenpaar einstellt und dem Luft/Brennstoff-Verhältniskompensationswert detektiert wird.

Zusammenfassend gibt die Erfindung ein Verfahren zur Abnormalitätsdetektion für einen Sauerstoffkonzentrationssensor an, der verwendet wird, um die Sauerstoffkonzentration in einem Brennkraftmaschinenabgas zu ermitteln, um Daten zu erhalten, mittels denen das Luft/Brennstoff-Verhältnis eines der Brennkraftmaschine zugeführten Brenngemisches geregelt wird, wobei der Sauerstoffkonzentrationssensor ein Sensorzellenelement und ein Sauerstoffpumpelement enthält. Das Verfahren dient dazu, eine Abnormalität, wie eine offene Schaltung oder einen Kurzschluß in den Elektrodenanschlußleitungen des Sensorzellenelements auf der Basis eines Wertes der Spannung, die sich zwischen den Elektroden des Sensorzellenelements einstellt und einem Wert des Stromes zu detektieren, der zwischen den Elektroden des Sauerstoffpumpelements fließt.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Beschrei-

bung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung. Darin zeigt:

Fig. 1 ein Diagramm zur Verdeutlichung einer elektronischen Kraftstoffeinspritzregelung, die mit einem Sauerstoffkonzentrationssensor ausgestattet ist, bei dem das Abnormalitätsdetektionsverfahren nach der Erfindung zur Anwendung kommt,

Fig. 2 ein Diagramm zur Verdeutlichung der innenliegenden Bauteile einer Sauerstoffkonzentrationssensor-Detektiereinheit,

Fig. 3 ein Blockschaltbild der innenliegenden Funktionsteile einer ECU (Elektronische Regeleinheit), und

Fig. 4a und 4b Flußdiagramme zur Erläuterung der Arbeitsweise einer CPU.

Eine bevorzugte Ausbildungsform nach der Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Fig. 1 bis 3 zeigen eine elektronische Kraftstoffregelung für eine Brennkraftmaschine, die einen Sauerstoffkonzentrationssensor enthält, bei dem das Ausgabekonzentrationsverfahren nach der Erfindung zur Anwendung kommt. In dieser Einrichtung ist eine Sauerstoffkonzentrationssensor-Detektiereinheit 1 in einer Abgasleitung 3 einer Brennkraftmaschine 2 stromauf eines katalytischen Konverters 5 angebracht. Die Eingänge und Ausgänge der Sauerstoffkonzentrationssensor-Detektiereinheit 1 sind mit einer ECU (Elektronische Regeleinheit) 4 verbunden.

Das Schutzgehäuse 11 der Sauerstoffkonzentrationssensor-Detektiereinheit enthält ein Sauerstoffionenleitendes Feststoffelektrolytelement 12, das beispielsweise eine etwa rechteckige Gestalt der in Fig. 3 gezeigten Form haben kann. Eine Gasaufnahmekammer 13 ist im Innern des Feststoffelektrolytelements 12 ausgebildet und steht über eine Einführungsöffnung 14 mit dem Abgas an der Außenseite des Feststoffelektrolytelements 12 in Verbindung, das das zu untersuchende Gas bildet. Die Einführungsöffnung 14 ist derart angeordnet, daß das Abgas unbehindert von dem Inneren der Abgasleitung in die Gasaufnahmekammer 13 strömen kann. Zusätzlich ist eine Atmosphärenbezugschamber 15 in dem Feststoffelektrolytelement 12 ausgebildet, in die Umgebungsluft eingeleitet wird. Die Atmosphärenbezugschamber 15 ist von der Gasaufnahmekammer 13 durch einen Teil des Feststoffelektrolytelements 12 getrennt, der als eine Trennwand dient. Wie gezeigt sind Paare von Elektroden 17a, 17b und 16a, 16b jeweils auf der Brennwand zwischen den Kammern 13 und 15 und auf der Wand der Kammer 15 auf der von der Kammer 13 gegenüberliegenden Seite dieser Kammer ausgebildet. Das Feststoffelektrolytelement 12 arbeitet in Verbindung mit den Elektroden 16a und 16b als ein Sauerstoffpumpelement 18 und arbeitet in Verbindung mit den Elektroden 17a, 17b als ein Sensorzellenelement 19. Ein Heizelement 20 ist auf der Außenfläche der Atmosphärenbezugschamber 15 angebracht.

Das Sauerstoffionenleitende Feststoffelektrolytelement 12 kann beispielsweise aus  $ZrO_2$  (Zirkondioxid) ausgebildet sein, während die Elektroden 16a bis 17b jeweils aus Platin bestehen.

Wie in Fig. 3 gezeigt ist, weist ECU 4 einen Sauerstoffkonzentrationssensorregelteil auf, der einen Differentialverstärker 21, eine Bezugsspannungsquelle 22 und Widerstände 23 und 24 umfaßt. Die Elektrode 16b des Sauerstoffpumpelements 18 und die Elektrode 17b des Sensorzellenelements 19 sind jeweils mit Massepotential verbunden und die Elektrode 17a des Sensorzel-

lenelements 19 ist über den Widerstand 24 mit einer Versorgungsspannung  $V_{cc}$  verbunden. Die Elektrode 17a ist auch mit einem Eingangsanschluß des Differentialverstärkers 21 verbunden, der eine Abgabespannung nach Maßgabe der Differenz zwischen einer Spannung, die sich an den Elektroden 17a und 17b des Sensorzelelements 19 einstellt, und der Abgabespannung von der Bezugsspannungsquelle 22 liefert. Die Abgabespannung von der Bezugsspannungsquelle 22 ist ein Wert, der einem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis entspricht (beispielsweise 0,4 V). Der Ausgangsanschluß des Differentialverstärkers 21 ist über einen Stromsensorwiderstand 23 mit der Elektrode 16a des Sauerstoffpumpelements 18 verbunden. Die Anschlüsse des Sauerstoffsensorwiderstandes 23 bilden ein Paar von Ausgangsanschlüssen des Sauerstoffkonzentrationsensors und sind mit einem Mikroprozessor verbunden, der die Regelschaltung 25 enthält.

Ein Drosselklappenöffnungssensor 31, der eine Abgabespannung nach Maßgabe des Öffnungsgrades der Drosselklappe 26 liefert, und der als ein Potentiometer ausgelegt sein kann, ist mit der Regelschaltung 25 verbunden, mit der auch ein Absolutdrucksensor 32 verbunden ist, der in der Einlaßleitung 27 an einer Stelle stromauf von der Drosselklappe 26 angeordnet ist und der eine Abgabespannung liefert, deren Pegel sich nach Maßgabe des Absolutdruckes in der Einlaßleitung 27 ändert. Die Regelschaltung 25 ist auch mit einem Wassertemperatursensor 33 verbunden, der eine Abgabespannung liefert, deren Pegel sich nach Maßgabe der Temperatur des Brennkraftmaschinenkühlwassers ändert und sie ist ferner mit einem Kurbelwinkelsensor 34 verbunden, der ein Signal liefert, das aus aufeinanderfolgenden Impulsen besteht, die jeweils synchron mit der Drehung der Kurbelwelle (in der Zeichnung nicht gezeigt) der Brennkraftmaschine 2 erzeugt werden. Die Steuerschaltung 25 ist auch mit einem Injektor 35 verbunden, der in der Einlaßleitung 26 in der Nähe der Auslaßventile (in der Zeichnung nicht gezeigt) der Brennkraftmaschine 2 verbunden.

Die Regelschaltung 25 enthält einen Analog/Digital(A/D)-Wandler 30 zum Umwandeln der Spannung  $V_s$ , die zwischen den Elektroden 17a und 17b des Sensorzelelements 19 erzeugt wird, in ein digitales Signal, und einen A/D-Wandler 40, der die am Stromsensorwiderstand 23 als ein Differentialeingang erzeugte Spannung erhält und diese Spannung in ein digitales Signal umwandelt. Die Regelschaltung 25 enthält auch eine Pegelkonverterschaltung 41, die eine Pegelumwandlung jedes der Abgabesignale von dem Drosselklappenöffnungssensor 31, dem Absolutdrucksensor 32 und dem Wassertemperatursensor 33 vornimmt. Die erhaltenen Pegel-konvertierten Signale von der Pegelkonverterschaltung 41 liegen als Eingänge an einem Multiplexer 42 an. Die Regelschaltung 25 enthält auch einen A/D-Wandler 43, der die Abgabesignale von dem Multiplexer 42 zu digitalen Signalen umwandelt, eine Wellenform-Formungsschaltung 44, die eine Wellenform-Formung der Abgabesignale von dem Kurbelwinkelsensor 34 vornimmt, um TDC (oberer Totpunkt) Signalimpulse als Ausgang zu liefern und ferner enthält sie einen Zähler 45, der die Anzahl der Taktimpulse (die von einer Taktimpulserzeugungsschaltung, die in der Zeichnung nicht gezeigt ist, erzeugt werden) während jedes Intervalls zwischen aufeinanderfolgenden TDC-Impulsen von der Wellenform-Formungsschaltung 44 erhält. Die Regelschaltung 25 enthält ferner eine Treiberschaltung 46a für das Treiben der Einspritzeinrich-

tung 35, eine Musteranzeigetreiberschaltung 46b zum Betreiben einer Musteranzeigeeinheit 38, eine CPU (zentrale Verarbeitungseinheit) 47 für die Ausführung von digitalen Operationen nach Maßgabe eines Programmablaufes, einen ROM (Festwertspeicher) 48, der verschiedene Verarbeitungsprogramme und Daten darin gespeichert hat, und einen RAM (Random-Speicher) 49. Die A/D-Wandler 39, 40 und 43, der Multiplexer 42, der Zähler 45, die Treiberschaltungen 46a, 46b, CPU 47, ROM 48 und RAM 49 sind wechselweise über Eingabe/Ausgabe-Busleitungen 50 verbunden. Das TDC-Signal wird von der Wellenform-Formungsschaltung 44 an CPU 47 angelegt. Die Regelschaltung 25 enthält auch eine Heizstromversorgungsschaltung 51, die beispielsweise ein Schaltelement enthalten kann, das auf einen Heizstromversorgungsbefehl von CPU 47 ansprechen kann, um eine Spannung zwischen den Anschlüssen des Heizelements 20 zu legen, so daß ein Heizstrom zugeführt wird und das Heizelement 20 erwärmt wird.

Die zwischen den Elektroden 27a und 17b des Sensorzelelements 19 sich einstellende Spannung  $V_s$ , die von dem A/D-Wandler 39 übertragen wird, die Daten die einen Pumpstromwert  $I_p$  darstellen und dem durch das Sauerstoffpumpelement 18 fließenden Strom entsprechen, die vom A/D-Wandler 40 zusammen mit Daten übertragen werden, die einen Drosselklappenöffnungsgrad  $\theta_{TH}$  darstellen, Daten, die den Absolutdruck  $P_{BA}$  in der Einlaßleitung wiedergeben und Daten, die die Kühlwassertemperatur  $T_w$  wiedergeben und die jeweils ausgewählt und über den A/D-Wandler 43 zugeführt werden, liegen an CPU 47 über die I/O-Busleitung 50 an. Zusätzlich wird ein Zählerwert vom Zähler 45, den man während jeder Periode der TDC-Impuls erhält, ebenfalls an CPU 47 über die I/O-Busleitung 50 angelegt. CPU 47 nimmt eine Einlesung aller dieser Daten nach Maßgabe eines Verarbeitungsprogrammes vor, das im ROM 48 gespeichert ist und ermittelt ein Kraftstoffeinspritzzeitintervall  $T_{OUT}$  für die Einspritzeinrichtung 35 auf der Basis dieser Daten nach Maßgabe einer Brennstoffeinspritzmenge für die Brennkraftmaschine 2, die aus vorbestimmten Gleichungen ermittelt wird. Diese Berechnungen erfolgen mit Hilfe eines Brennstoffversorgungsprogramms, das synchron mit dem TDC-Signal ausgeführt wird. Die Einspritzeinrichtung 35 wird dann über die Treiberschaltung 46 während der Dauer des Kraftstoffeinspritzzeitintervalles  $T_{OUT}$  aktiviert, um Brennstoff der Brennkraftmaschine zuzuführen.

Das Kraftstoffeinspritzzeitintervall  $T_{OUT}$  kann man beispielsweise aus der folgenden Gleichung erhalten:

$$T_{OUT} = T_i \times K_{O_2} \times K_{WOT} \times K_{TW} \quad (1)$$

Bei der vorstehend genannten Gleichung ist  $T_i$  die Grundversorgungsmenge, die nach Maßgabe der Brennkraftmaschinendrehzahl  $N_e$  und dem Absolutdruck  $P_{BA}$  in der Einlaßleitung bestimmt wird und die ein Grundeinspritzzeitintervall darstellt.  $K_{O_2}$  ist ein Regelkompensationskoeffizient für das Luft/Brennstoff-Verhältnis, das nach Maßgabe des Abgabesignalpegels von dem Sauerstoffkonzentrationsensor eingestellt werden kann.  $K_{WOT}$  ist ein Brennstoffmengeninkrementkompensationskoeffizient, der zugeführt wird, wenn die Brennkraftmaschine bei hoher Belastung arbeitet.  $K_{TW}$  ist ein Kühlwassertemperaturkoeffizient.  $T_i$ ,  $K_{O_2}$ ,  $K_{WOT}$  und  $K_{TW}$  werden jeweils mit Hilfe eines Unterprogramms des Kraftstoffversorgungsprogramms gesetzt.

Wenn die Versorgung des Sauerstoffpumpelements mit einem Pumpstrom beginnt und wenn das Luft/

Brennstoff-Verhältnis des Gemisches, das der Brennkraftmaschine 2 zu diesem Zeitpunkt zugeführt wird, im mageren Bereich liegt, dann ist die Spannung, die sich zwischen den Elektroden 17a und 17b des Sensorzellenelements 19 einstellt, niedriger als die Abgabespannung von der Bezugsspannungsquelle 22 und als Folge hiervon ist der Abgabespannungspegel vom Differentialverstärker 21 ein positiver Wert. Die positive Spannung wird über eine Serienschaltungskombination aus Widerstand 23 und Sauerstoffpumpelement 18 angelegt. Der Pumpstrom fließt hierbei von der Elektrode 16a zu der Elektrode 16b des Sauerstoffpumpelements 18, so daß der Sauerstoff in der Gasaufnahme-kammer 13 durch die Elektrode 16b ionisiert wird und durch das Innere des Sauerstoffpumpelements 18 von der Elektrode 16b wegwandert, um an der Elektrode 16a als gasförmiger Sauerstoff freigesetzt zu werden. Sauerstoff wird daher aus dem Inneren der Gasaufnahme-kammer 13 abgezogen.

Als Folge dieses Sauerstoffabzuges aus der Gasaufnahme-kammer 13 entsteht eine Differenz bei der Sauerstoffkonzentration zwischen dem Abgas in der Gasaufnahme-kammer 13 und der Umgebungsluft in der Atmosphärenbezugskammer 15. Eine Spannung  $V_S$  wird hierbei zwischen den Elektroden 17a und 17b des Sensorzellenelements 19 in einer Größe erzeugt, die durch diese Differenz der Sauerstoffkonzentration bestimmt ist, und die Spannung  $V_S$  wird an den invertierenden Eingangsanschluß des Differentialverstärkers 21 angelegt. Die Abgabespannung von dem Differentialverstärker 21 ist proportional zu der Spannungsdifferenz zwischen der Spannung  $V_S$  und der von der Bezugsspannungsquelle 22 gelieferten Spannung und somit ist der Pumpstrom proportional zur Sauerstoffkonzentration im Abgas. Der Pumpstromwert wird als ein Spannungswert ausgegeben, der zwischen den Anschlüssen des Stromsensorwiderstandes 23 auftritt.

Wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis in dem fetten Bereich liegt, ist die Spannung  $V_S$  höher als die Abgabespannung von der Bezugsspannungsquelle 2 und daher wird die Abgabespannung von dem Differentialverstärker 21 von einem positiven zu einem negativen Pegel invertiert. In Abhängigkeit von diesem negativen Pegel der Abgabespannung wird der Pumpstrom, der zwischen den Elektroden 16a und 16b des Sauerstoffpumpelements 18 fließt, reduziert und die Richtung des Stromflusses wird umgekehrt. Da somit die Richtung des Flusses des Pumpstromes nunmehr von der Elektrode 16b zu der Elektrode 16a geht, wird Sauerstoff durch die Elektrode 16a ionisiert, so daß Sauerstoff als Ionen durch das Sauerstoffpumpelement 18 zu der Elektrode 16b übertragen werden, um von dort als gasförmiger Sauerstoff in die Gasaufnahme-kammer 13 freigesetzt zu werden. Auf diese Weise wird Sauerstoff in die Gasaufnahme-kammer 13 eingesaugt. Die Versorgung des Pumpstromes wird hierbei derart geregelt, daß die Sauerstoffkonzentration in der Gasaufnahme-kammer 13 auf einem konstanten Wert aufrechterhalten wird, indem Sauerstoff in die Kammer 13 eingesaugt oder von dieser abgezogen wird, so daß der Pumpstrom  $I_P$  immer proportional zur Sauerstoffkonzentration im Abgas sowohl beim Arbeiten im mageren Bereich als auch beim Arbeiten im fetten Bereich des Luft/Brennstoff-Verhältnisses ist. Der Wert des Regelkompensationskoeffizienten  $K_{O_2}$ , der vorstehend angegeben ist, wird nach Maßgabe des Pumpstromwertes  $I_P$  in einem  $K_{O_2}$ -Rechenunterprogramm ermittelt. Dieses Unterprogramm kann beispielsweise ähnlich wie ein Programm ausgelegt sein,

das in der US-PS 45 66 419 beschrieben ist. Insbesondere wird der Sauerstoffkonzentrationssensorwert  $V_{O_2}$ , der in Abhängigkeit von  $I_P$  bestimmt ist, mit einem Sollwert für das Luft/Brennstoff-Verhältnis  $V_{ref}$  (der nach Maßgabe der Brennkraftmaschinenparameter bestimmt wird) verglichen und wenn  $V_{O_2} > V_{ref}$  ist, wird die Ermittlung  $K_{O_2} - \Delta$  ausgeführt, während wenn  $V_{O_2} < V_{ref}$  ist, die Ermittlung  $K_{O_2} + \Delta$  ausgeführt wird.

Eine Arbeitsablauffolge für das Abnormalitätsdetektionsverfahren für einen Sauerstoffkonzentrationssensor nach der Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Flußdiagramme des CPU 47 nach den Fig. 4a und 4b erläutert. Die Abnormalitätsdetektion ist als ein Abnormalitätsdetektionsunterprogramm des Brennstoffversorgungsprogramms dargestellt und wird daher jedesmal ausgeführt, wenn das Brennstoffversorgungsprogramm ausgeführt wird.

In diesem Arbeitsablauf ermittelt CPU 47 zuerst, ob die Aktivierung des Sauerstoffkonzentrationssensors beendet ist oder nicht (Schritt 61). Diese Entscheidung kann beispielsweise darauf basieren, ob eine vorbestimmte Zeitdauer seit der Zuführung des Heizstromes zu dem Heizelement 20 verstrichen ist oder nicht. Wenn die Aktivierung des Sauerstoffkonzentrationssensors beendet ist, wird die Spannung  $V_S$  zwischen den Elektroden 17a und 17b des Sensorzellenelements 19 eingelesen und es erfolgt eine Entscheidung, ob  $V_S$  ist  $V$  oder nicht (Schritt 62). Wenn  $V_S \neq 0$  [V], dann wird ein Zeitgeber A (in der Zeichnung nicht gezeigt) in CPU 47 zurückgesetzt, um ein Zählen von Null aus zu beginnen. Wenn andererseits  $V_S = 0$  [V], dann erfolgt eine Entscheidung, ob ein Zählerwert  $T_A$  des Zeitgebers A größer als ein Zeitintervall  $t_0$ , ist oder nicht (Schritt 64). Wenn  $T_A \geq t_0$ , dann wird der Pumpstromwert  $I_P$  eingelesen und es erfolgt eine Entscheidung, ob  $I_P$  höher als ein oberer Grenzwert  $I_{PLH}$  ist oder nicht (Schritt 65). Wenn  $I_P > I_{PLH}$ , wird dies als eine Anzeige für einen Kurzschluß zwischen den Elektroden 17a und 17b des Sensorzellenelements 19 genommen, da ein übermäßig hoher Wert des Pumpstromes fließt, währenddem ein Zustand von  $V_S = 0$  (V) konstant aufrechterhalten wird. Daher wird ein "Sensorzellenelementkurzschluß"-Anzeige-befehl ausgegeben, um die Schaltung 46b zu aktivieren (Schritt 66). Wenn  $I_P \leq I_{PLH}$ , dann erfolgt eine Entscheidung, ob der Wert des Regelkompensationskoeffizienten  $K_{O_2}$ , der mit einem  $K_{O_2}$ -Rechenunterprogramm ermittelt worden ist, höher als ein oberer Grenzwert  $K_{O2LH}$  ist oder nicht (Schritt 67). Wenn  $K_{O_2} > K_{O2LH}$ , dann zeigt dies einen Zustand an, bei dem  $V_S$  kontinuierlich konstant bei 0 (V) gehalten wird, währenddem ein übermäßig hoher Pumpstrom in positiver Richtung fließt und der Regelkompensationskoeffizient  $K_{O_2}$  übermäßig hoch ist. Dieser Zustand wird als ein Kurzschluß zwischen den Elektroden 17a und 17b des Sensorzellenelements 19 identifiziert und ein "Sensorzellenelementkurzschluß"-Anzeige-befehl wird daher an die Treiberschaltung 47b abgegeben (Schritt 66).

Wenn nach der Rücksetzung des Zeitgebers A ermittelt wird, daß der Zählerwert  $T_A$  des Zählers A noch nicht die Zeit  $t_0$  erreicht hat oder wenn ermittelt wird, daß  $K_{O_2} \leq K_{O2LH}$  ist, dann erfolgt eine Entscheidung, ob die Spannung  $V_S$  gleich  $V_{cc}$  ist oder nicht (Schritt 68). Wenn  $V_S \neq V_{cc}$  ist (wenn  $V_{cc}$  die Schaltungsversorgungsspannung ist), wird ein Zeitgeber B (in der Zeichnung nicht gezeigt) in CPU 47 zurückgesetzt und es wird ein Aufwärtszählen von Null mit Hilfe des Zählers B initiiert (Schritt 69). Wenn andererseits  $V_S = V_{cc}$ , dann erfolgt eine Entscheidung, ob der Zählerwert  $T_B$



des Zeitgebers  $B$  größer als eine Zeit  $t_1$  ist oder nicht (Schritt 70). Wenn  $T_B \geq t_1$  ist, dann wird der Pumpstromwert  $I_P$  eingelesen und es erfolgt eine Entscheidung, ob  $I_P$  kleiner als ein unterer Grenzwert  $I_{PLL}$  ist oder nicht (Schritt 71). Wenn  $I_P < I_{PLL}$  ist, dann wird dieser Zustand als eine Anzeige für eine offene Schaltung bei den Verbindungsleitungen der Elektroden 17a und 17b des Sensorzellenelementes 19 interpretiert, da dann nämlich ein Zustand von  $V_S = V_{CC}$  kontinuierlich aufrechterhalten wird, währenddem ein übermäßig hoher Pumpstrom in negativer Richtung fließt, und daher wird ein "Sensorzellenelement-Schaltungsoffen"-Anzeigebefehl an die Treiberschaltung 46b abgegeben (Schritt 72). Wenn  $I_P \geq I_{PLL}$  ist, dann erfolgt eine Entscheidung, ob der Regelkompensationskoeffizient  $K_{O2}$  (in dem  $K_{O2}$ -Berechnungsunterprogramm ermittelt) kleiner als der untere Grenzwert  $K_{O2LL}$  ist oder nicht (Schritt 73). Wenn  $K_{O2} < K_{O2LL}$  ist, dann zeigt dies, daß obgleich ein übergroßer Pumpstrom fließt, ein Zustand von  $V_S = V_{CC}$  kontinuierlich aufrechterhalten wird und der Regelkompensationskoeffizient  $K_{O2}$  übermäßig klein ist. Dies wird als ein Zustand einer offenen Schaltung in den Verbindungsleitungen der Elektroden 17a, 17b des Sensorzellenelementes 19 interpretiert und es wird ein "Sensorzellenelement-Schaltungsoffen"-Anzeigebefehl an die Treiberschaltung 46b abgegeben (Schritt 72).

Wenn nach dem Rücksetzen des Zeitgebers  $B$  ermittelt wird, daß der Zählerwert  $T_B$  nicht dem Zeitwert  $t_1$  entspricht, oder wenn ermittelt wird, daß  $K_{O2} \geq K_{O2LL}$  ist, dann erfolgt eine Entscheidung, ob der Pumpstromwert  $I_P$  gleich 0 (mA) ist oder nicht (Schritt 74). Wenn  $I_P \neq 0$  (mA) ist, dann wird ein Zähler  $C$  (in der Zeichnung nicht gezeigt) in CPU 47 zurückgesetzt, um ein Zählen ausgehend von Null einzuleiten (Schritt 75).

Wenn andererseits  $I_P = 0$  (mA) ist, dann erfolgt eine Entscheidung, ob der Zählerwert  $T_C$  des Zeitgebers  $C$  größer als die Zeit  $t_2$  ist oder nicht (Schritt 76). Wenn  $T_C \geq t_2$  ist, dann erfolgt eine Entscheidung, ob der Regelkompensationskoeffizient größer als der obere Grenzwert  $K_{O2LH}$  ist oder nicht (Schritt 77). Wenn  $K_{O2} > K_{O2LH}$  ist, dann wird hierdurch eine offene Schaltung in den Verbindungsleitungen der Elektroden 16a, 16b des Sauerstoffpumpelements 18 angezeigt, während das Luft/Brennstoff-Verhältnis fetter als der Sollwert des Luft/Brennstoff-Verhältnisses ist, wobei ein Zustand von  $I_P = 0$  (mA) fortgesetzt aufrechterhalten wird, so daß der Regelkompensationskoeffizient  $K_{O2}$  übermäßig hoch ist. Es wird daher ein "Sauerstoffpumpelement-Schaltungsoffen"-Anzeigebefehl an die Treiberschaltung 46b abgegeben (Schritt 78). Wenn  $K_{O2} < K_{O2LH}$  ist, dann erfolgt eine Entscheidung, ob der Regelkompensationskoeffizient kleiner als der untere Grenzwert  $K_{O2LL}$  ist oder nicht (Schritt 79). Wenn  $K_{O2} < K_{O2LL}$  ist, dann wird dies als eine Anzeige interpretiert, daß ein Zustand von  $I_P = 0$  (mA) kontinuierlich aufrechterhalten wird, während der Regelkompensationskoeffizient  $K_{O2}$  infolge einer offenen Schaltung in den Verbindungsleitungen der Anschlußleitungen 16a, 16b des Sauerstoffpumpelements 18 übermäßig klein ist, so daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis magerer als der Sollwert für das Luft/Brennstoff-Verhältnis ist. Daher wird ein "Sauerstoffpumpelement-Schaltungsoffen"-Anzeigebefehl an die Treiberschaltung 46b abgegeben (Schritt 78).

Wenn nach dem Rücksetzen des Zeitgebers  $C$  ermittelt wird, daß der Zählerwert  $T_C$  nicht dem Zeitwert  $t_2$  entspricht, oder wenn ermittelt wird, daß  $K_{O2} \geq K_{O2LL}$  ist, dann erfolgt eine Entscheidung, ob der Regelkom-

pensationskoeffizient  $K_{O2}$  größer als der obere Grenzwert  $K_{O2LH}$  ist oder nicht (Schritt 80). Wenn  $K_{O2} \leq K_{O2LH}$  ist, dann werden die Zeitgeber  $D$  und  $E$  (von denen in der Zeichnung keiner gezeigt ist) in CPU 47 jeweils zurückgesetzt und es wird ein Zählvorgang ausgehend von Null eingeleitet (Schritte 81, 82). Wenn andererseits  $K_{O2} > K_{O2LH}$  ist, dann erfolgt eine Entscheidung, ob der Zählerwert  $T_D$  des Zeitgebers  $D$  größer als ein Zeitintervall  $t_3$  ist oder nicht (Schritt 83). Wenn  $T_D < t_3$  ist, dann wird der Zeitgeber  $D$  zurückgesetzt und es wird ein Aufwärtszählen des Zählers  $E$  ausgehend von Null eingeleitet (Schritt 82). Da dann, wenn  $T_D \geq t_3$  ist, dies ungewöhnlich für einen Arbeitszustand ist, in dem das Luft-Brennstoff-Verhältnis übermäßig mager ist, um dies fortgesetzt für mehr als eine Zeit von  $t_3$  zuzuführen, erfolgt eine Entscheidung, ob die Spannung  $V_S$  zwischen den Elektroden 17a und 17b des Sensorzellenelementes 19 niedriger als 0,4 (V) ist oder nicht (Schritt 84). Wenn  $V_S < 0,4$  (V) ist, zeigt dies an, daß das Luft-Brennstoff-Verhältnis als Folge des Werts von  $V_S$  mager ist. Der Zähler  $E$  wird dann zurückgesetzt, und es wird eine Zählung ausgehend von Null mit Hilfe des Zählers  $E$  eingeleitet (Schritte 85). Dann werden die Brennkraftmaschinenendrehzahl  $N_e$  und der Absolutdruck  $P_{BA}$  in der Einlaßleitung eingelesen und es wird eine Entscheidung herbeigeführt, ob die Drehzahl  $N_e$  größer als 3000 (Upm) ist oder nicht. Zusätzlich erfolgt eine Entscheidung, ob der Absolutdruck  $P_{BA}$  in der Einlaßleitung größer als 660 (mm Hg) ist oder nicht (Schritte 86, 87) und es erfolgt eine Entscheidung, ob der Sollwert des Luft/Brennstoff-Verhältnisses  $L_{ref}$  auf einen Wert kleiner als 14,7 gesetzt ist oder nicht (Schritt 88). Der Sollwert für das Luft/Brennstoff-Verhältnis kann nach Maßgabe der Brennkraftmaschinenparameter bestimmt werden, die die Brennkraftmaschinenbelastung darstellen, wie  $N_e$  und  $P_{BA}$ , indem eine Datenliste ausgelesen wird. Wenn alle die vorbestimmten Bedingungen  $N_e \geq 3000$  (Upm),  $P_{BA} \geq 660$  (mm Hg) und  $L_{ref} \leq 14,7$  erfüllt sind, dann wird dies als eine Anzeige dafür genommen, daß die Brennkraftmaschine unter einem hohen Belastungszustand mit einem fetten Luft/Brennstoff-Verhältnis arbeitet. In diesem Fall erfolgt eine Entscheidung, ob der Pumpstrom  $I_P$  höher als der obere Grenzwert  $I_{PLH}$  ist oder nicht (Schritt 89). Wenn  $I_P > I_{PLH}$  ist, dann zeigt dies, daß ein übergroßer Pumpstrom in positiver Richtung trotz der Tatsache fließt, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis fett ist und daher wird dies als eine Anzeige dafür genommen, daß Gas vom Abgas in die Atmosphärenbezugschammer 50 beispielsweise infolge eines Risses in dem Feststoffelektrolytelement 11 ausgetreten ist, so daß die Spannung  $V_S$  niedriger als 0,4 (V) ist. Dies ist ein "Fettabnormalitäts"-Detektionszustand und es wird ein "Fettabnormalitätsdetektions"-Anzeigebefehl an die Treiberschaltung 46b abgegeben (Schritt 90). Wenn alle die Bedingungen  $N_e \geq 3000$  (Upm),  $P_{BA} \geq 660$  (mm Hg) und  $L_{ref} \leq 14,7$  nicht erfüllt sind, dann erfolgt eine Entscheidung, ob der Pumpstrom  $I_P$  größer als der untere Grenzwert  $I_{PLL}$  ist oder nicht (Schritt 91). Wenn  $I_P > I_{PLL}$  ist, dann zeigt dies an, daß, obgleich der Regelkompensationskoeffizient  $K_{O2}$  kontinuierlich höher als der obere Grenzwert  $K_{O2LH}$  gehalten wird, um einen Zustand des armen Luft/Brennstoff-Verhältnisses zu kompensieren und das Luft/Brennstoff-Verhältnis hierdurch fetter gemacht wird, ein übergroßer Pumpstrom in positiver Richtung fließt. Dies wird als Anzeige dafür genommen, daß ein Kurzschluß zwischen den Elektroden 16a, 16b des Sauerstoffpumpelements 18 vorhanden ist und daher wird ein "Sauerstoffpumpelement-Kurz-

schluß"-Anzeigebefehl an die Treiberschaltung 46b abgegeben (Schritt 92). Der Sollwert für das Luft/Brennstoff-Verhältnis  $L_{ref}$  wird nach Maßgabe der Brennkraftmaschinenrehzahl  $N_c$  und des Absolutdruckes  $P_{BA}$  in der Einlaßleitung synchron mit dem TDC-Signal während eines Unterprogramms des Brennstoffversorgungsprogramms gesetzt.

Wenn im Schritt 84 ermittelt wird, daß  $V_S \geq 0,4$  (V) ist, dann wird dieser Wert von  $V_S$  als eine Anzeige dafür genommen, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis fett ist. Da es somit unüblich ist, daß der Regelkompensationskoeffizient  $K_{02}$  den oberen Grenzwert  $K_{02LL}$  überschreitet, erfolgt eine Entscheidung, ob der Zählerwert  $T_E$  des Zeitgebers  $E$  größer als ein Zeitintervall  $t_4$  ist oder nicht (Schritt 93). Wenn  $T_E > t_4$  ist, dann wird dies als eine Anzeige dafür genommen, daß eine offene Schaltung in den Verbindungsleitungen des Heizelements 20 oder in dem Heizelement selbst vorhanden ist und es wird ein "Heizelement-Kurzschluß"-Anzeigebefehl an die Treiberschaltung 46b abgegeben (Schritt 94).

Wenn nach dem Rücksetzen des Zeitgebers  $E$  im Schritt 82 ermittelt wird, daß der Zählerwert  $T_E$  nicht die Zeit  $t_4$  erreicht hat, erfolgt eine Entscheidung, ob der Regelkompensationskoeffizient  $K_{02}$  kleiner als der untere Grenzwert  $K_{02LL}$  ist oder nicht (Schritt 95). Wenn  $K_{02} \geq K_{02LL}$  ist, dann wird ein Zeitgeber  $F$  (in der Zeichnung nicht gezeigt) in CPU 47 zurückgesetzt und es wird eine Zählung ausgehend von Null begonnen (Schritt 96). Wenn  $K_{02} < K_{02LL}$  ist, dann erfolgt eine Entscheidung, ob der Zählerwert  $T_F$  des Zeitgebers  $F$  größer als das Zeitintervall  $t_5$  ist oder nicht (Schritt 97). Wenn  $T_F \geq t_5$  ist, dann erfolgt eine Entscheidung, ob die Spannung  $V_S$  zwischen den Elektroden 17a, 17b des Sensorzellenelements 19 größer als 0,4 (V) ist oder nicht (Schritt 98). Wenn  $V_S \leq 0,4$  (V) ist, und ein solcher Wert von  $V_S$  anzeigt, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis im mageren Bereich ist, und daß ferner ungewöhnlich für den Regelkompensationskoeffizienten  $K_{02}$  ist, daß er unter den unteren Grenzwert  $K_{02LL}$  abfällt, wird dies als eine Anzeige für einen Zustand genommen, bei dem eine offene Schaltung in den Verbindungsleitungen des Heizelements 20 oder in dem Heizelement 20 selbst vorhanden ist, und es wird ein "Heizelement-Kurzschluß"-Anzeigebefehl an die Treiberschaltung 46b abgegeben (Schritt 94). Wenn andererseits  $V_S > 0,4$  (V) ist, erfolgt eine Entscheidung, ob der Pumpstrom  $I_P$  kleiner als der untere Grenzwert  $I_{PLL}$  ist oder nicht (Schritt 99). Wenn  $I_P < I_{PLL}$  ist, dann zeigt dies an, daß trotz der Tatsache, daß der Regelkompensationskoeffizient  $K_{02}$  kontinuierlich unter dem unteren Grenzwert  $K_{02LL}$  konstant gehalten ist, um eine Kompensation für ein fettes Luft/Brennstoff-Verhältnis zu schaffen, so daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis abgemagert wird, ein übergroßer Pumpstrom in negativer Richtung fließt. Dies wird als eine Anzeige dafür genommen, daß ein Kurzschluß zwischen den Elektroden 16a und 16b des Sauerstoffpumpelements 18 vorhanden ist und daher wird ein "Sauerstoffpumpelement-Kurzschluß"-Anzeigebefehl an die Treiberschaltung 46b abgegeben (Schritt 92).

Wenn ein "Sensorzellenelement-Kurzschluß"-Anzeigebefehl, ein "Sensorzellenelement-Schaltungsoffen"-Anzeigebefehl oder ein "Heizelement-Schaltungsoffen"-Anzeigebefehl ausgegeben wurden, dann wird der Regelkompensationskoeffizient  $K_{02}$  gleich 1 gemacht, um die Luft/Brennstoff-Verhältnis-Prozeßregelung anzuhalten (Schritt 100). Wenn ein "Sauerstoffpumpelement-Kurzschluß"-Anzeigebefehl oder ein "Sauerstoffpumpelement-Schaltungsoffen"-Anzeigebefehl ausge-

ben wurde, dann wird das Arbeiten unter der Annahme normal fortgesetzt, daß das Sensorzellenelement 19 normal arbeitet, es erfolgt dann eine Verarbeitung, um den Regelkompensationskoeffizienten auf der Basis der Ermittlung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses nach Maßgabe des Spannungswertes  $V_S$  zu ermitteln, die sich zwischen den Elektroden 17a und 17b des Sensorzellenelements 19 einstellt.

Wenn die Treiberschaltung 46b mit irgendeinem anderen der vorstehend beschriebenen Anzeigebefehle versorgt wird, wird ein vorbestimmtes Anzeigemuster an einer Anzeigeeinheit 38 nach Maßgabe des Inhalts des Befehls erzeugt.

Jeder der Zeitgeber A bis F kann dadurch verwirklicht werden, daß Taktimpulse zugeführt werden, um die Inhalte der Register in CPU 47 zu verändern.

Bei der vorstehend beschriebenen Ausbildungsform nach der Erfindung wird die Brennstoffzufuhrmenge nach Maßgabe eines Pumpstromwertes  $I_P$  geregelt. Jedoch ist die Erfindung nicht auf eine solche Auslegung beschränkt und sie ist in gleicher Weise auch bei einem Verfahren zur Abnormalitätsdetektion für einen Sauerstoffkonzentrationsensor einer Luft/Brennstoff-Verhältnis-Regeleinrichtung geeignet, bei der eine Hilfsluftzuführung erfolgt, wobei die zugeführte Hilfsluftmenge nach Maßgabe des Pumpstromes  $I_P$  regelbar ist.

Ferner wird bei der vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausbildungsform nach der Erfindung die Einführungsöffnung 14 als eine Gasdiffusionsregeleinrichtung genutzt. Jedoch ist es auch möglich, ein poröses Material, wie Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ) zu verwenden, das einen porösen Körper bildet, der eine Einführungsöffnung oder eine Gasaufnahmekammer bildet.

Bei dem Verfahren zur Abnormalitätsdetektion für einen Sauerstoffkonzentrationsensor nach der Erfindung der vorstehend beschriebenen Art wird die Spannung, die sich zwischen den Elektroden des Sensorzellenelements einstellt, konstant, während zugleich ein übergroßer Pegel des Stromes auftritt, der zwischen den Elektroden des Sauerstoffpumpelements fließt, wenn eine Abnormalität, wie eine offene Schaltung oder ein Kurzschluß in den Elektrodenverbindungsleitungen eines Sensorzellenelements auftritt. Somit wird als Ergebnis hiervon ein Luft/Brennstoff-Verhältniskompensationswert, wie der vorstehend beschriebene Wert  $K_{02}$ , der nach Maßgabe eines Sauerstoffkonzentrationsdetektionswertes zur Verwendung bei der Regelung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses eines der Brennkraftmaschine zugeführten Gemisches verwendet wird, um das Luft/Brennstoff-Verhältnis auf einem Sollwert zu halten, abgeleitet ist, übermäßig groß oder übermäßig klein. Somit kann eine Abnormalität in dem Elektrodenanschlußsystem des Sensorzellenelements zuverlässig bei dem Verfahren nach der Erfindung auf der Basis der Spannung, die sich zwischen den Elektroden des Sensorzellenelements einstellt, in Verbindung mit dem Strom detektieren, der zwischen den Elektroden des Sauerstoffpumpelements strömt, oder auf der Basis der Spannung, die sich zwischen den Elektroden des Sensorelements einstellt und in Verbindung mit dem Luft/Brennstoff-Verhältniskompensationswert. Bei einem Abnormalitätsdetektionsverfahren nach der Erfindung wird dann, wenn eine Abnormalität detektiert wird, die Luft/Brennstoff-Verhältnisregelung nach Maßgabe der Daten von dem Sauerstoffkonzentrationsensor unmittelbar gestoppt. Hierdurch wird verhindert, daß die Brennkraftmaschine unter Bedingungen mit einer geringeren Genauigkeit der Regelung des Luft/Brennstoff-Verhält-



nisses des der Brennkraftmaschine zugeführten Gemisches arbeitet. Hierdurch ermöglicht die Erfindung, daß wirksam eine Herabsetzung des Verunreinigungsreiniigungsgrades vermieden wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

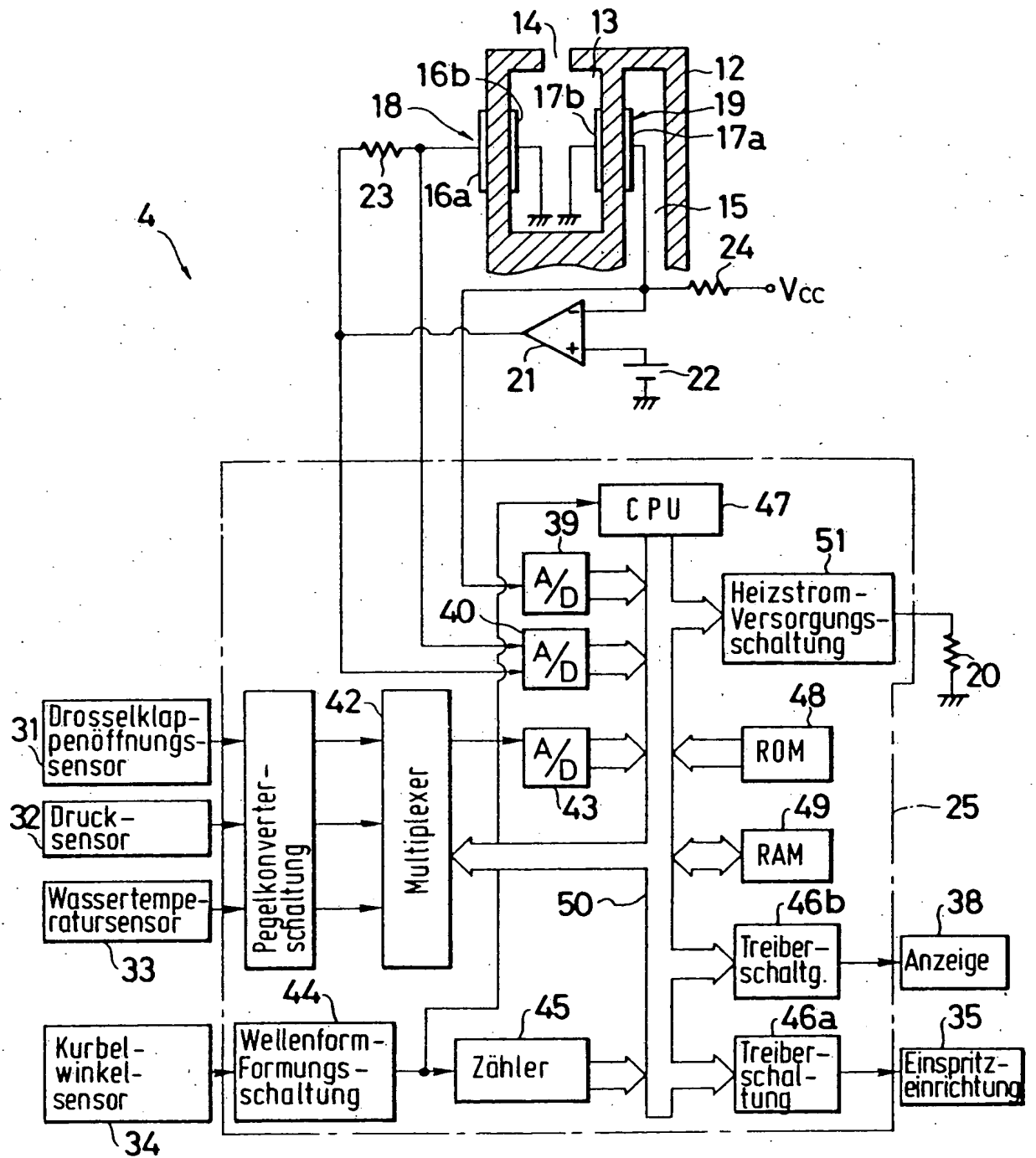
50

55

60

65





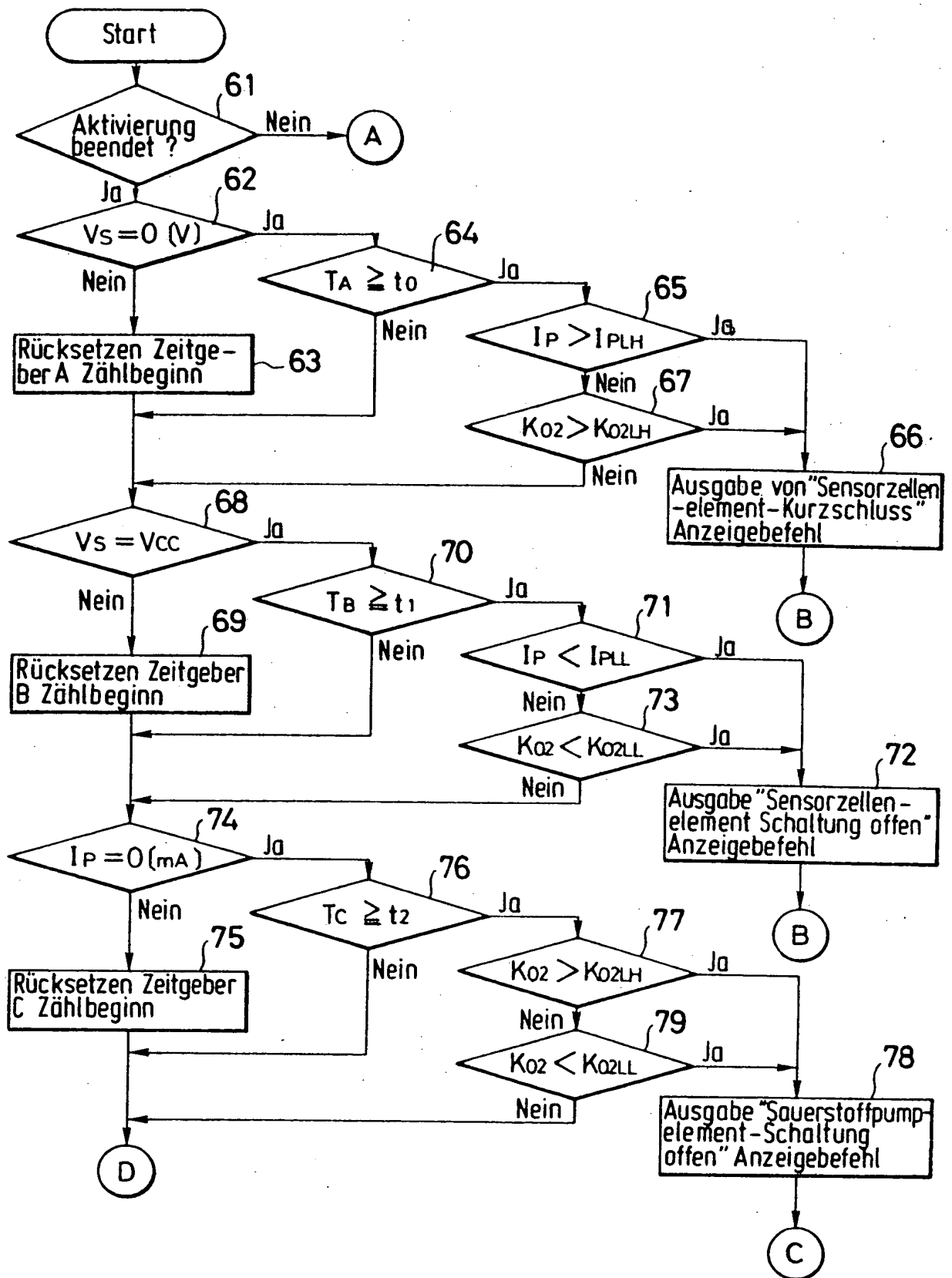


FIG.4b(a)	FIG.4b(b)
-----------	-----------

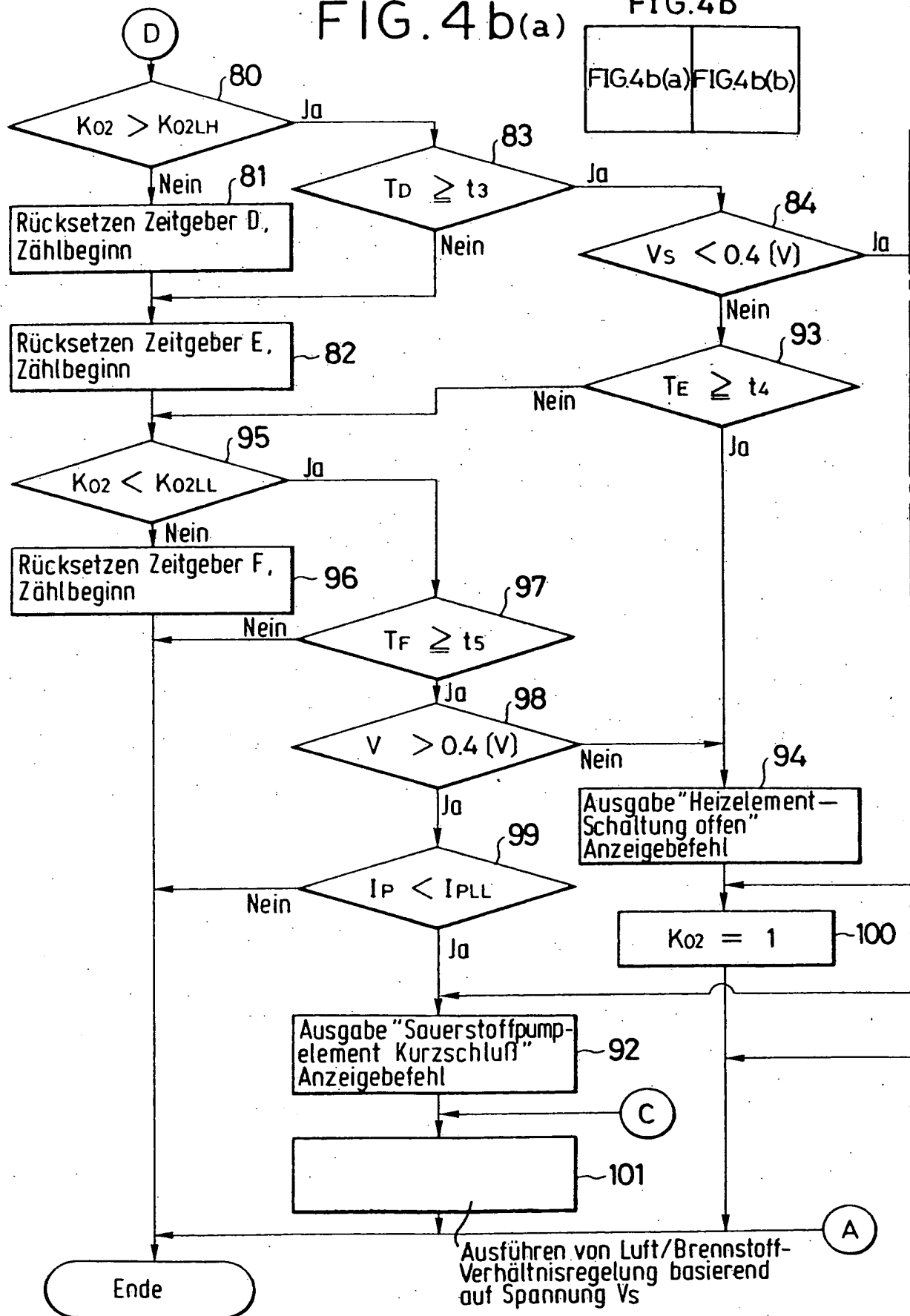


FIG. 4b(b)

